

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. April 2004 (29.04.2004)

PCT

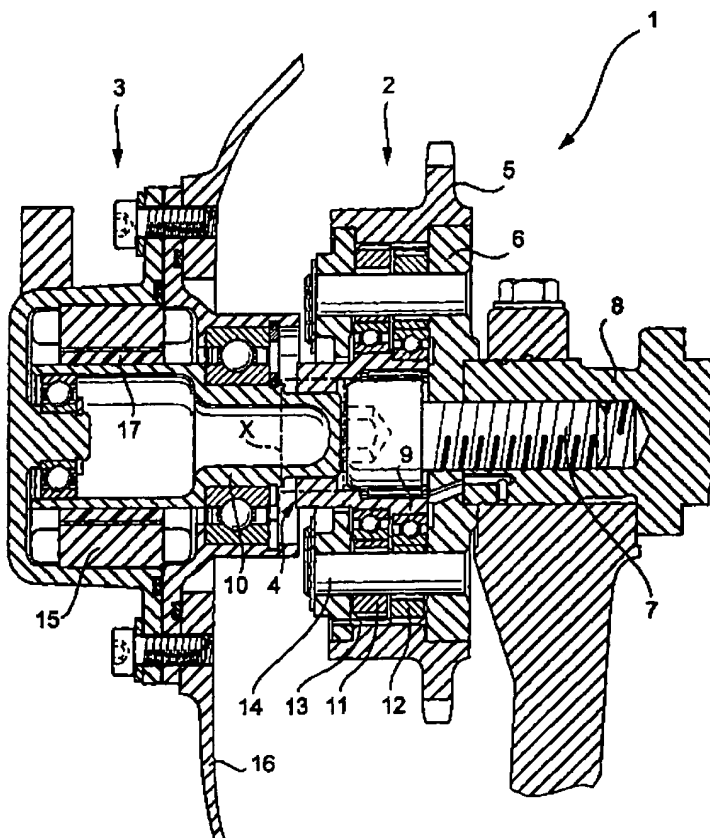
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/035998 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: F01L 1/352, (30) Angaben zur Priorität:
1/344, F16D 3/10, 1/02, 1/10 102 48 351.5 17. Oktober 2002 (17.10.2002) DE
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/011455 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): INA-SCHAEFFLER KG [DE/DE]; Industriestrasse
1-3, 91074 Herzogenaurach (DE)
- (22) Internationales Anmeldedatum:
16. Oktober 2003 (16.10.2003) (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHÄFER, Jens
[DE/DE]; Spiegelgartenstrasse 40, 91074 Herzoge-
naurach (DE); STEIGERWALD, Martin [DE/DE];
Heinrich-Kirchner 32, 91056 Erlangen (DE); DÜGEL-
MANN, Jörg [DE/DE]; Robert-Meister-Strasse 5, 95463
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTRICALLY DRIVEN CAMSHAFT ADJUSTER

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCH ANGETRIEBENER NOCKENWELLENVERSTELLER



(57) Abstract: The invention relates to a camshaft adjuster (1) for adjusting and fixing the relative position of the angle of rotation of a camshaft (8) in relation to the crankshaft of a reciprocating piston internal combustion engine. Said adjusting device comprises a high transmission and friction-reduced adjusting gear mechanism (2), comprising a drive shaft which is rotationally fixed to the crankshaft, a driven shaft which is rotationally fixed to a camshaft (8) and an adjusting shaft (9) which is connected to an adjusting motor shaft (10) of an adjusting motor. A camshaft adjuster (1), which is economical to run, can be produced such that the adjusting gear mechanism (2) and the adjusting motor (3) are embodied as separate units and are connected together by a rotational backlash-free, disengaging clutch (4).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Nockenwellenversteller (1) zum Verstellen und Fixieren der relativen Drehwinkelage einer Nockenwelle (8) gegenüber der Kurbelwelle einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, mit einem hoch übersetzenden und reibungsarmen Verstellgetriebe (2), dass eine mit der Kurbelwelle verdrehfest verbundene

Antriebswelle, eine mit der Nockenwelle (8) verdrehfest

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/035998 A1



Bindlach-Benk (DE). HEYWOOD, Jon [GB/DE]; Sandstrasse 5, 96175 Pettstadt (DE).

(74) **Gemeinsamer Vertreter:** INA-SCHAEFFLER KG; Industriestrasse 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),

eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

verbundene Abtriebswelle und eine mit einer Verstellmotorwelle (10) eines Verstellmotors verbundene Verstellwelle (9) aufweist. Ein kostengünstig zu betreibender Nockenwellenversteller (1) wird dadurch erreicht, dass das Verstellgetriebe (2) und der Verstellmotor (3) als getrennte Einheiten ausgebildet und durch eine drehspielfreie, lösbare Kupplung (4) miteinander verbunden sind.

Bezeichnung der Erfindung

5

Elektrisch angetriebener Nockenwellenversteller

Beschreibung

10

Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft einen Nockenwellenversteller zum Verstellen und Fixieren der Drehwinkellage der Nockenwelle zur Kurbelwelle einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, insbesondere nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

15

Hintergrund der Erfindung

In der DE 41 10 195 A1 ist ein Nockenwellenversteller zum Verstellen und Fixieren der relativen Drehwinkellage einer Nockenwelle gegenüber der Kurbelwelle einer Hubkolbenbrennkraftmaschine offenbart, mit einem hoch übersetzenden und reibungsarmen Verstellgetriebe, das eine mit der Kurbelwelle fest verbundene Antriebswelle, eine mit der Nockenwelle verdrehfest verbundene Abtriebswelle und eine mit einer Verstellmotorwelle eines Verstellmotors verbundene Verstellwelle aufweist.

25

Bei dieser Lösung ist die Verstellmotorwelle einstückig mit der Verstellwelle des Verstellgetriebes ausgebildet. Dadurch muss bei Ausfall des Verstellmotors immer der gesamte Nockenwellenversteller ausgetauscht werden. Außerdem ist die Montage desselben aufwendig, da eine Vormontage des kompletten Verstellmotors nicht möglich ist.

30

Aufgabe der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Nockenwellenversteller zu schaffen, der kostengünstig zu betreiben ist.

5

Zusammenfassung der Erfindung

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst. Durch die getrennte Ausbildung von Verstellmotor
10 und Verstellgetriebe kann der Verstellmotor komplett vormontiert und aufgrund der lösbaren Kupplung auf einfache Weise eingebaut bzw. ausgewechselt werden. Durch die Drehspielfreiheit der Kupplung ist deren verschleiß- und geräuscharmer Betrieb gewährleistet.

15 Die erfindungsgemäße Anordnung einer lösbaren Kupplung zwischen Verstellgetriebe und Verstellmotor ist unabhängig von der Art des Verstellmotors. Besonders geeignet ist der elektrische Verstellmotor. Dieser hat gegenüber einem Hydromotor den Vorteil, unabhängig von der Drehzahl des Verbrennungsmotors und somit auch bei dessen Stillstand zu funktionieren. Außerdem hat die
20 Ölviskosität keinen Einfluss auf seine Funktion. Gegenüber einem Pneumatikmotor hat der elektrische Verstellmotor den Vorteil der im Normalfall ohnehin vorhandenen Stromversorgung und der unkomplizierteren Regelbarkeit.

Es bietet Fertigungs- und damit Kostenvorteile, wenn die Kupplung zwei zusammenfügbare Teile aufweist, von denen eines mit der Verstellmotorwelle,
25 das andere mit der Verstellwelle drehfest verbunden ist.

Eine einfache Montage des Verstellmotors wird dadurch erreicht, dass eines der beiden Teile als Außenteil, das andere als Innenteil ausgebildet ist, wobei
30 die beiden Teile drehspielfrei ineinander steckbar sind.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung besteht darin, dass die Kupplung

als Profiwellenkupplung, vorzugsweise als Zweikantwellenkupplung ausgebildet ist, die je zwei Kupplungsflächen am Außenteil und je zwei Kupplungsflächen am Innenteil aufweist, wobei vorzugsweise die letzteren drehspielvermeidende Mittel aufweisen. Die bewährte Zweikantwellenkupplung bietet ausreichend Platz zur Unterbringung von drehmomentübertragenden und drehspielvermeidenden Mitteln. Als Kupplungen kommen auch Passfeder- und Profiwellenkupplungen wie Polygon-, Zahn-, Keil- und Mehrkant-Wellenkupplungen in Frage. Auch eine einseitig abgefräste Welle mit entsprechendem Gegenstück (ähnlich dem Zweikant, aber nur mit einer geraden Fläche) ist ebenfalls denkbar. Die Anbringung der drehspielvermeidenden Mittel auf dem Innenteil bietet Montage- und Bauraumvorteile gegenüber deren ebenfalls mögliche Anbringung auf dem Außenteil.

Eine konventionelle Lösung ist darin zu sehen, dass als drehspielvermeidendes Mittel ein minimales, eng toleriertes Spiel zwischen den Kupplungsflächen des Innen- und Außenteils vorgesehen ist. Die dazu erforderliche Fertigungspräzision bedingt einen entsprechenden Bauaufwand.

Eine kostengünstigere Lösung besteht darin, dass als drehspielvermeidende Mittel vorgespannte Metall- oder Kunststofffedern vorgesehen sind, die das Spiel zwischen den Kupplungsflächen überbrücken. Wegen der Vorspannung der Federn und deren ausreichendem Federweg kann das Spiel zwischen den Kupplungsflächen und seine Toleranz relativ groß gewählt werden, wodurch der Bauaufwand entsprechend verringert wird.

25

Von Vorteil ist, dass die Metallfedern vorzugsweise als Flachbiege- oder Tellerfedern und die Kunststofffeder vorzugsweise als Polymerband oder als Polymer-O-Ring ausgebildet und vorzugsweise in Nuten bzw. in einer umlaufenden Nut der Kupplungsflächen des Innenteils angeordnet sind. Die Anbringung der Polymerfedern in Ringnuten der Kupplungsflächen des Innenteils erleichtert vor allem die Montage des Polymerbands und des Polymer-O-Rings, die dort

verliersicher angeordnet sind.

Die zur Drehmomentübertragung und Drehspielvermeidung erforderlichen Feder- und Montagekräfte sind relativ niedrig, da das zu übertragende Drehmoment von weniger als 1 Nm relativ gering ist, so dass bei entsprechender Federsteifigkeit kein relatives Verdrehen der Elektromotor- und der Verstellwelle eintritt. Durch die Federn können auch kleine Fluchtungsfehler dieser Wellen ausgeglichen werden. Es hat Vorteile, wenn die Flachbiege- oder Tellerfedern als einteilige Federspange ausgebildet sind, die vorzugsweise an Ecken des Innenteils einrastet. Auf diese Weise bilden die Flachbiege- oder Tellerfedern paarweise eine Einheit, die verliersicher an dem Innenteil befestigt ist und so die Montage des Verstellmotors erleichtert.

Eine vorteilhafte Ausbildung der Erfindung besteht darin, dass die Kupplung als eine Rohrwellenkupplung ausgebildet ist, mit einem hohlzylindrischen Außenteil und einem coaxialen, zylindrischen Innenteil, das mit Spiel im Außenteil angeordnet ist und vorzugsweise die drehspielvermeidenden Mittel aufweist. Die beiden Teile sind als Drehteile ausgebildet, die einfach und kostengünstig zu fertigen sind. Ebenso ist es von Vorteil, dass als drehspielvermeidendes Mittel ein elastisch verformbarer Toleranzring, vorzugsweise aus Metall vorgesehen ist, der in einer Radialnut vorzugsweise am Umfang des coaxialen, zylindrischen Innenteils angeordnet ist und dieses um ein bestimmtes Maß radial überragt. Grundsätzlich könnte der Toleranzring auch auf dem Innenumfang des Außenteils angeordnet sein, jedoch ist die erfindungsgemäße Anordnung montagefreundlicher.

25

Durch den Überstand der Toleranzhülse entsteht bei der Montage eine federelastische Verformung derselben, die zu einer kraftschlüssigen Verbindung zwischen den Innen- und Außenteil führt. Bei der Wahl des Überstandes muss darauf geachtet werden, dass das Drehmoment des Verstellmotors übertragbar ist, ohne die Axialbewegung des Innen- und Außenteils zueinander und damit die Wärmedehnung wesentlich zu behindern. Der Toleranzring ist auch als

30

Polymerring denkbar.

Durch eine vorteilhafte Ausbildung der Erfindung wird erreicht, dass als dreh-
spielvermeidendes Mittel zumindest eine Rastkugel oder ein vorzugsweise
5 zylindrischer Raststift mit kegelig zu gespitztem Ende vorgesehen sind, die in
Radial- bzw. Durchgangsbohrungen vorzugsweise des coaxialen, zylindrischen
Innenteils mit Spiel geführt und in zu diesen fluchtenden, anderen Radialboh-
rungen geringeren Durchmessers im hohlzylindrischen Außenteil unter der
Kraft einer Druck- bzw. Durchgangsfeder um ein durch den geringeren Durch-
10 messer begrenztes Maß verschiebbar sind. Anstelle der einen können auch
vorteilhafter Weise zwei oder mehrere Rastkugeln bzw. zylindrische Raststifte
treten. Diese könnten auch in dem Außenteil angeordnet sein und radial in eine
entsprechende Bohrung des Innenteils eingreifen. Alternativ zu den zylindri-
schen Stiften können auch solche mit beispielsweise quadratischem oder
15 rechteckigem oder auch beliebig anderem Querschnitt Verwendung finden.
Auch bei dieser Variante können kleine Fluchtungsfehler zwischen der Ver-
stellmotor- und Verstellwelle ausgeglichen werden. Die Durchgangsbohrung
hat gegenüber den beiden Radialbohrungen, die sie ersetzt, den Vorteil einfacher
Fertigung und einer gleichmäßigen Druckbeaufschlagung der Rastku-
20 geln bzw. der Raststifte.

Durch entsprechende Auslegung der Federkraft der Druck- bzw. der Durch-
gangsfedern und/oder der Kegelwinkel der zylindrischen Stifte, ist das über-
tragbare Drehmoment der Rohrkupplung begrenzbare. Diese wirkt dann als Si-
25 cherheitskupplung, indem bei Überlast die Rastkugeln oder die zylindrischen
Raststifte gegen die relativ geringen Federkräfte aus den Bohrungen im Au-
ßenteil verdrängt und so die beiden Wellen entkoppelt werden. Für eine Axial-
beweglichkeit der mit Rastkugeln oder mit zylindrischen Raststiften ausgerü-
steten Rohrwellenkupplung ist es notwendig, dass die anderen Radialbohrungen
30 als in axialer Richtung ausgerichtete Langlöcher ausgebildet sind.

Es ist von Vorteil, wenn die Kupplung als Klauenkupplung ausgebildet ist, deren beide Teile auf gleichem Durchmesser angeordnete, axiale Klauen aufweisen, die ineinandergreifen, wobei zwischen den Klauen Abstände vorgesehen sind, die durch Zahnelemente eines elastischen, vorgespannten Polymerkranzes drehspielfrei überbrückt sind. Die Klauenkupplung ermöglicht aufgrund der Elastizität des Polymerkranzes auch den Ausgleich eines geringen Achsversatzes. Außerdem wirkt sie schwingungsdämpfend.

Eine weitere vorteilhafte Kupplung ist als Profilwellenkupplung, vorzugsweise als Zahnwellenkupplung, ausgebildet, deren Innen- oder Außenteil, insbesondere deren Innen- oder Außenverzahnung, aus elastischem Kunststoff ausgebildet ist. In Anbetracht des relativ geringen zu übertragenden Drehmoments sind vielerlei Kupplungen, beispielsweise Polygon- oder Mehrkantwellenkupplungen, zur halbseitigen Ausführung in Kunststoff geeignet. Die Zahnwellenkupplung zeichnet sich durch besonders einfache Montierbarkeit aus. Auch ermöglicht sie aufgrund des elastischen Kunststoffzahnkranzes den Ausgleich eines geringen Achsversatzes. Ebenso wirkt sie schwingungsdämpfend durch die Eigendämpfung des Kunststoffs.

Für eine rationelle Fertigung und für eine kompakte Bauweise ist es von Vorteil, dass die aus Kunststoff bestehende Innen- oder Außenverzahnung direkt auf entsprechende Teile der Zahnwellenkupplung oder auf eine entsprechend ausgebildete metallische Zwischenbüchse aufvulkanisiert sind und dass die Zwischenbüchse mit der Zahnwellenkupplung vorzugsweise durch Presssitz verbunden ist.

25

Eine vorteilhafte Ausbildung der Erfindung besteht darin, dass die Kupplung als Magnetwellenkupplung ausgebildet ist, deren beide Teile gegenüberliegende Dauermagnete aufweisen, die das Antriebsmoment des Verstellmotors durch Magnetkräfte berührungslos und drehspielfrei von der Verstellmotorwelle auf die Verstellwelle übertragen. Die Dauermagnete können aus ferritischem oder Seltenerd-Material, wie Samarium-Kobalt oder Neodym-Eisen-Bor hergestellt

30

sein. Aufgrund des von der Verstellmotorwelle auf die Verstellwelle zu übertragenden geringen Drehmoments, wird diese von der Magnetkraft annähernd synchron, dass heißt verdrehspielfrei, mitgenommen. Auch diese Kupplung kann als Sicherheitskupplung ausgebildet sein, die bei Überlast durchrutscht.

- 5 Da es sich um eine berührungslose Kupplung handelt, wird das Drehmoment vibrationsarm übertragen. Außerdem kann auch ein geringer Achsversatz ausgeglichen werden.

Es hat Vorteile, wenn die Dauermagnete vorzugsweise axial angeordnet sind und zwischen ihnen eine unmagnetische Membran mit beidseitigem Spiel vorgesehen ist, die den Verstellmotor öldicht abschließt. Bei axialer Anordnung
10 der Magnete muss darauf geachtet werden, dass deren für die Übertragung des Drehmoments zulässiger Höchstabstand nicht überschritten wird. Andererseits dürfen die Dauermagnete die Membran nicht berühren. Die ebenfalls mögliche radiale Anordnung der Magnete ist demgegenüber gegen axiale Ver-
15 schiebung weitestgehend unempfindlich, jedoch ist die Ausbildung einer Membran zwischen diesen Dauermagneten schwieriger.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

- 20 Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung und den zugehörigen Zeichnungen, in denen Ausführungsbeispiele der Erfindung schematisch dargestellt sind. Es zeigen:

25 Figur 1 einen Nockenwellenversteller mit getrenntem elektrischen Verstellmotor und Verstellgetriebe, die durch eine Zweikantwellenkupplung lösbar verbunden sind;

 Figur 2 eine Zweikantwellenkupplung gemäß Einzelheit X von Figur 1 im Querschnitt;

30

 Figur 3 einen Längsschnitt durch die Zweikantwellenkupplung von Figur 2;

- Figur 4 einen Längsschnitt durch eine Zweikantwellenkupplung ähnlich Figur 3, jedoch mit drehmomentübertragenden und drehspielvermeidenden Metallfedern;
- 5 Figur 5 einen Querschnitt durch die Zweikantwellenkupplung von Figur 4;
- Figur 6 einen Querschnitt durch eine Zweikantwellenkupplung ähnlich Figur 5, jedoch mit einteiliger Federspange;
- Figur 7 einen Längsschnitt durch eine Zweikantwellenkupplung ähnlich
10 Figur 4, jedoch mit einem Flachband als Polymerfeder;
- Figur 8 einen Längsschnitt durch eine Zweikantwellenkupplung ähnlich Figur 7, jedoch mit einem O-Ring als Polymerfeder;
- 15 Figur 9 einen Querschnitt X-X durch die Zweikantwellenkupplung von Figur 7 und 8;
- Figur 10 einen Querschnitt durch eine Rohrwellenkupplung mit zwei gegenüberliegenden, federbelasteten Rastkugeln in getrennten Radialbohrungen eines coaxialen, zylindrischen Innenteils;
20
- Figur 11 einen Querschnitt durch eine Rohrwellenkupplung ähnlich Figur 10, jedoch mit einer radialen Durchgangsbohrung, in der eine Durchgangsfeder für die beiden Rastkugeln angeordnet ist;
25
- Figur 12 einen Querschnitt durch eine Rohrwellenkupplung ähnlich Figur 10, jedoch mit zwei zylindrischen Raststiften anstelle der beiden Rastkugeln;
- 30 Figur 13 einen Querschnitt durch eine Rohrwellenkupplung ähnlich Figur 11, jedoch mit zwei zylindrischen Raststiften anstelle der beiden

Rastkugeln;

5 Figur 14 einen Längsschnitt durch eine Rohrwellenkupplung, mit einem zylindrischen Innenteil, das an seinem Außenumfang eine Ringnut aufweist, in der sich ein elastisch verformbarer Toleranzring aus Metall befindet;

Figur 15 einen Teillängsschnitt durch eine Klauenkupplung;

10 Figur 16 eine axiale Ansicht der Klauenkupplung von Figur 15;

Figur 17 eine Ansicht eines Elastomerkranzes der Klauenkupplung von Figur 15 und 16;

15 Figur 18 eine axiale Ansicht eines Außenteils einer Zahnwellenkupplung mit einer Innenverzahnung aus Kunststoff;

Figur 19 ein Teillängsschnitt des Außenteils von Figur 18 mit der Innenverzahnung aus Kunststoff;

20 Figur 20 eine axiale Ansicht eines zum Außenteil der Figur 18 und 19 passenden Innenteils mit einer Außenverzahnung aus Metall;

Figur 21 eine Seitenansicht des Innenteils von Figur 20;

25 Figur 22 einen Längsschnitt durch einen Nockenwellenversteller ähnlich Figur 1, jedoch mit einer Magnetwellenkupplung anstelle der Zweikantwellenkupplung.

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

In Figur 1 ist ein elektrischer Nockenwellenversteller 1 mit einem Verstellgetriebe 2 und einem elektrischen Verstellmotor 3 dargestellt, die als getrennte
5 Einheiten ausgebildet und durch eine Kupplung lösbar verbunden sind.

Das Verstellgetriebe 2 ist ein Dreiwellegentriebe, das als Exzentergetriebe eine hohe Untersetzung (Untersetzungsbereich von 1 : 30 bis 1 : 250) und einen hohen Wirkungsgrad aufweist. Das Verstellgetriebe 2 besitzt eine Antriebs-
10 und eine Abtriebswelle sowie eine Verstellwelle 9. Die Antriebswelle ist als Kettenrad 5 ausgebildet und steht mit einer nicht dargestellten Kurbelwelle über eine ebenfalls nicht dargestellte Kette in drehfester Verbindung. Die Abtriebswelle ist als Abschlusswand 6 ausgeführt, die mittels einer Spannschraube 7 drehfest mit einer Nockenwelle 8 verbunden ist. Die Verstellwelle 9 ist als
15 Exzenterwelle ausgebildet, die über eine Zweikantwellenkupplung 4 mit einer Verstellmotorwelle 10 praktisch drehspielfrei, jedoch axial verschiebbar verbunden ist. Die Verstellwelle 9 dient zum Antrieb zweier Stirnräder 11, 12, die mit einer Innenverzahnung 13 des Kettenrades 5 kämmen und das Verstellmoment über Stifte 14 und über die Abschlusswand 6 auf die Nockenwelle 8
20 übertragen. Der elektrische Verstellmotor 3 besitzt einen Stator 15, der am Zylinderkopf 16 befestigt ist und einen Dauermagnetrotor 17, der sich mit der Nockenwelle 8 dreht.

In den Figuren 2 und 3 ist die als Einzelheit X bezeichnete Zweikantwellenkupplung 4 der Figur 1 im Quer- und Längsschnitt vergrößert dargestellt. Ein
25 Innenteil 18 der Zweikantwellenkupplung 4 ist mit der Verstellmotorwelle 10, ein Außenteil 19 mit der Verstellwelle 9 einteilig ausgebildet. Beide Teile 18, 19 weisen jeweils gleiche Kupplungsflächen 20, 21 auf, zwischen denen das für eine Axialverschiebung (Wärmedehnung, Montage) erforderliche Minimalspiel
30 vorgesehen ist. Auf diese Weise wird auch ein minimales Verdrehspiel erreicht, dass für die Haltbarkeit und Geräuscharmheit der mit Wechselmomenten beauf-

schlagten Zweikantwellenkupplung 4 wichtig ist. Der für die geringen Spiele und Toleranzen an beiden Teilen 18, 19 erforderliche Fertigungsaufwand ist jedoch beträchtlich.

5 Diesem Nachteil wird durch eine in Längs- und Querschnitt dargestellte Zweikantwellenkupplung 4' der Figuren 4 und 5 begegnet. Hierbei ist in den Kupplungsflächen 20' der Innenteile 18' je einer Nut 22 vorgesehen, in die eine Flachbiege- oder eine Tellerfeder 23 mit Vorspannung eingesetzt ist. Die Federn 23 überbrücken durch die Vorspannung und den Federweg das nunmehr
10 zulässige, relativ große Spiel zwischen dem Innen- und einem Außenteil 18', 19' und übernehmen die Übertragung des Drehmoments des Verstellmotors 3. Da dieses mit <1 Nm relativ gering ist, sind auch die benötigten Feder- und Montagekräfte gering und es tritt bei entsprechender Federsteifigkeit kein Verdrehen zwischen Verstell- und Verstellmotorwelle 9, 10 auf. Da das Drehmoment des Verstellmotors 3 nur über die Federn 23 übertragen wird, berühren
15 sich die Kupplungsflächen 20', 21' der Teile 18', 19' nicht. Die Federn 23 sind in Verbindung mit dem relativ großen Spiel zwischen den Kupplungsflächen 20', 21' in der Lage, kleine Achsversätze zwischen der Verstell- und der Verstellmotorwelle 9, 10 auszugleichen.

20

Figur 6 zeigt eine Kupplung 4' als Variante zu Figur 4 und 5, bei der die beiden Federn 23 und die Nuten 22 des Innenteils 18' durch einen Federbügel 24 zu einer einteiligen Federspange 25 vereinigt sind, die an Ecken 26 des Innenteils 18' unverlierbar einrastet. Diese Verliersicherung bedeutet eine erhebliche
25 Montageerleichterung.

In den Figuren 7 und 8 ist eine Zweikantwellenkupplung 4'' im Längsschnitt und in Figur 9 im Querschnitt dargestellt, bei der anstelle der Flachbiege- oder Tellerfedern 23 ein Polymerband 28 oder ein Polymer-O-Ring 29 vorgesehen sind.
30 Diese sind in einer umlaufenden Nut 30, 31 der Innenteile 18' zu deren Kupplungsflächen 20' mit Überstand montiert, so dass sie im Einbauzustand eine

Vorspannung aufweisen. Dadurch ist das auch bei dieser Variante große Spiel zwischen den Kupplungsflächen 20', 21' der Innen- und Außenteile 18', 19' überbrückt, ohne dass diese sich berühren. Auch hier wird das relativ niedrige Drehmoment des Verstellmotors 3 bei entsprechender Steifigkeit des Polymerbands 28 und des Polymer-O-Rings 29 ohne Relativverdrehung der Innen- und Außenteile 18', 19' übertragen.

In Figur 9 ist die umlaufende Nut 30, 31 im Innenteil 18' mit dem Polymerband 28 und dem Polymer-O-Ring 29 zu erkennen, die eine optimale Spielüberbrückung zwischen den Innenteilen 18' und den Außenteilen 19' der Kupplung 4" bewirken.

Die Figuren 10 bis 13 zeigen Querschnitte durch eine Rohrwellenkupplung 32 mit einem hohlzylindrischen Außenteil 33 und einem coaxialen, zylindrischen Innenteil 34, das mit Spiel im hohlzylindrischen Außenteil 33 angeordnet ist.

Im zylindrischen Innenteil 34 der Figur 10 sind zwei gleiche, von dessen Umfang ausgehende, fluchtende Radialbohrungen 35 vorgesehen, in denen je eine Druckfeder 36 angeordnet ist. Diese wirken auf je eine Rastkugel 37 ein, die in den Radialbohrungen 35 mit Spiel geführt sind und verdrängen diese in je eine andere Radialbohrung 38 in dem Außenteil 33. Die anderen Radialbohrungen 38 fluchten in einer bestimmten Drehstellung des zylindrischen Innenteils 34 mit den Radialbohrungen 35. Aufgrund eines bestimmten, geringeren Durchmessers der anderen Radialbohrungen 38 gegenüber den Radialbohrungen 35, dringen die Rastkugeln 37 nur bis zu einer bestimmten Tiefe in die andere Radialbohrung 38 ein, die zur Übertragung des Drehmoments des Verstellmotors 3 ausreicht. Die Rastkugeln tragen dabei auf einer Austrittskante 43 der anderen Radialbohrung 38. Durch Wahl des Durchmessers der anderen Radialbohrung 38 kann die Höhe des übertragbaren Drehmoments bestimmt werden. Auf diese Weise wird die Rohrwellenkupplung 32 zur Sicherheitskupplung.

In Figur 11 sind die beiden Radialbohrungen 35 durch eine Durchgangsbohrung 39 mit einer Durchgangsfeder 40 ersetzt. Diese Lösung hat gegenüber der von Figur 10 den Vorteil eines geringeren Bauaufwands und einer gleichmäßigen Druckbelastung der beiden Rastkugeln 37, die eine genauere Festlegung des übertragbaren Drehmoments erlaubt.

Der Aufbau der Rohrwellenkupplungen 32 der Figur 12 und 13 entspricht dem der Figuren 10 und 11. Der Unterschied besteht in der Verwendung von zylindrischen Raststiften 41 anstelle der Rastkugeln 37, mit kegelig zugespitzten Enden 42, die mittels der Druckkraft der Druckfedern 36' bzw. der Durchgangsfeder 40' in der Durchgangsbohrung 39 in andere Radialbohrungen 38' hineinragen und an deren Austrittskante 43' tragen. Bei dieser Variante kann das übertragbare Drehmoment über die Größe des Kegelwinkels des kegelig zugespitzten Endes 42 begrenzt werden. Dadurch kann auch diese Rohrwellenkupplung 32 als Sicherheitskupplung dienen.

In Figur 14 ist als weitere Kupplungsvariante eine Rohrwellenkupplung 32' dargestellt. Hierbei wird eine kraftschlüssige Momentenübertragung zwischen einem zylindrischen Innenteil 34' und einem hohlzylindrischen Außenteil 33' durch einen in einer Radialnut 45 angeordneten, elastisch verformbaren Toleranzring 44 aus Metall erreicht. Der Toleranzring 44 überragt die Radialnut 45 um ein bestimmtes Maß, dass die elastische Verformung und den davon abhängigen Kraftschluss bestimmt.

In Figur 15 ist ein Teilquerschnitt durch eine Klauenkupplung 46 mit Klauen 47, 48 dargestellt. Diese sind an den freien Enden der Verstell- und Verstellmotorwelle 9, 10 auf gleichem Durchmesser verdrehfest angeordnet. Sie greifen mit Abständen ineinander, die durch einen in Figur 17 dargestellten elastischen, vorgespannten Polymerkranz 49 mit Zahnelementen 50 drehspielfrei überbrückt sind.

Die Figur 16 zeigt eine axiale Ansicht der Klauenkupplung 46, bei der je acht Klauen 47 und 48 sowie der Polymerkranz 49 mit acht Zahnsegmenten 50 gestrichelt dargestellt sind. Die Klauenkupplung 46 gleicht kleine Fluchtungsfehler zwischen der Verstell- und der Verstellmotorwelle 9, 10 aus, und gestattet
5 auch eine kleine axiale Verschiebung zwischen denselben.

In Figur 18 ist eine axiale Ansicht eines Außenteils 55 einer Zahnwellenkupplung mit einer Innenverzahnung 56 aus elastischem Kunststoff dargestellt. Die Figur 19 zeigt einen Teillängsschnitt des Außenteils 55 von Figur 18. Die In-
10 nenverzahnung 56 ist in einer Radialnut 57 einer Zwischenbüchse 58 einvulkanisiert. In radialer Verlängerung ist hinter jedem Zahn 59 eine Radialbohrung 60 vorgesehen, die mit dem Kunststoff gefüllt und durch einen nietkopffähnlichen Deckel 61 abgeschlossen ist. Der in der Radialbohrung 60 befindliche Kunststoff erhöht das übertragbare Drehmoment der Innenverzahnung 56. Die
15 Zwischenbüchse 58 kann als Teil der Verstellwelle 9 oder der Verstellmotorwelle 10 dienen oder in diese eingepresst werden.

Die Figuren 20 und 21 zeigen ein Innenteil 62 aus Metall mit einer Außenverzahnung 63, die Außenzähne 64 aufweist. Diese sind schmaler als die Innen-
20 zähne 59 aus Kunststoff, da sie eine höhere Festigkeit aufweisen. Entsprechend sind die Innenzahnlücken 65 schmaler als die Außenzahnlücken 66. Grundsätzlich könnte auch die Außenverzahnung 63 in Kunststoff ausgebildet werden. Es bietet sich jedoch die Innenverzahnung 56 wegen des möglichen größeren Materialvolumens dafür an.

25

Die Figur 22 zeigt einen Nockenwellenversteller 1', dessen Verstellwelle 9 mit der Verstellmotorwelle 10' durch eine Dauermagnetwellenkupplung 51 berührungslos und drehspielfrei verbunden sind. An den freien Enden der Verstell- und Verstellmotorwelle 9, 10' sind Dauermagnete 52, 53 befestigt, zwischen
30 denen eine unmagnetische Membran 54 verläuft, die den Verstellmotor 3 öldicht abschließt. Auf diese Weise ist der Verstellmotor 3 ohne reibungserzeug-

gende Dichtelemente hermetisch abgeschlossen.

Bezugszeichenliste

	1, 1'	Nockenwellenversteller
	2	Verstellgetriebe
5	3	elektrischer Verstellmotor
	4, 4', 4"	Zweikantwellenkupplung
	5	Kettenrad
	6	Abschlusswand
	7	Spannschraube
10	8	Nockenwelle
	9	Verstellwelle
	10, 10'	Verstellmotorwelle
	11	Stirnrad
	12	Stirnrad
15	13	Innenverzahnung
	14	Stift
	15	Stator
	16	Zylinderkopf
	17	Dauermagnetrotor
20	18, 18'	Innenteil
	19, 19'	Außenteil
	20, 20'	Kupplungsfläche
	21, 21'	Kupplungsfläche
	22	Nut
25	23	Flachbiege- oder Tellerfeder
	24	Federbügel
	25	Federspange
	26	Ecke
	27	Quernut
30	28	Polymerband
	29	Polymer-O-Ring
	30	umlaufende Nut
	31	umlaufende Nut

	32, 32'	Rohrwellenkupplung
	33, 33'	hohlzylindrisches Außenteil
	34, 34'	koaxiales zylindrisches Innenteil
	35	Radialbohrung
5	36, 36'	Druckfeder
	37	Rastkugel
	38, 38'	andere Radialbohrung
	39	Durchgangsbohrung
	40, 40'	Durchgangsfeder
10	41	zylindrischer Raststift
	42	kegelig zugespitztes Ende
	43, 43'	Austrittskante
	44	Toleranzring
	45	Radialnut
15	46	Klauenkupplung
	47	Klaue
	48	Klaue
	49	Polymerkranz
	50	Zahnelement
20	51	Dauermagnetwellenkupplung
	52	Dauermagnet
	53	Dauermagnet
	54	Membran
	55	Außenteil
25	56	Innenverzahnung
	57	Radialnut
	58	Zwischenbüchse
	59	Innenzahn
	60	Radialbohrung
30	61	Deckel
	62	Innenteil
	63	Außenverzahnung
	64	Außenzahn

65 Innenzahn­lücken
66 Außen­zahn­lücken

5

10

15

20

25

30

Patentansprüche

1. Nockenwellenversteller (1, 1') zum Verstellen und Fixieren der relativen
Drehwinkellage einer Nockenwelle (8) gegenüber der Kurbelwelle einer
Hubkolbenbrennkraftmaschine, mit einem hoch übersetzenden und rei-
bungsarmen Verstellgetriebe (2), dass eine mit der Kurbelwelle verdrehfest
verbundene Antriebswelle, eine mit der Nockenwelle (8) verdrehfest ver-
bundene Abtriebswelle und eine mit einer Verstellmotorwelle (10) eines
Verstellmotors verbundene Verstellwelle (9) aufweist, **dadurch gekenn-**
zeichnet, dass das Verstellgetriebe (2) und der Verstellmotor (3) als ge-
trennte Einheiten ausgebildet und durch eine drehspielfreie, lösbare Kupp-
lung (4, 4', 4"; 32, 32'; 46; 51) miteinander verbunden sind.
2. Nockenwellenversteller nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass
der Verstellmotor vorzugsweise ein elektrischer Verstellmotor (3) ist.
3. Nockenwellenversteller nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass
die Kupplung (4, 4', 4"; 32, 32'; 46, 51) zwei zusammenfügbare Teile auf-
weist, von denen eines mit der Verstellmotorwelle (10) und das andere mit
der Verstellwelle (9) drehfest verbunden beziehungsweise mit den Wellen
(9, 10) einstückig ausgebildet ist.
4. Nockenwellenversteller nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass
eines der beiden Teile als Außenteil (19, 19'; 33, 33') das andere als In-
nenteil (18, 18'; 34, 34') ausgebildet ist, wobei die beiden Teile drehspiel-
frei ineinander steckbar sind.
5. Nockenwellenversteller nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass
die Kupplung als Profilwellenkupplung, vorzugsweise als Zweikantwellen-
kupplung (4, 4', 4") ausgebildet ist, die je zwei Kupplungsflächen (21, 21')
am Außenteil (19, 19') und je zwei Kupplungsflächen (20, 20') am Innenteil
(18, 18') aufweist, wobei vorzugsweise am letzteren drehspielvermeidende
Mittel vorgesehen sind.

6. Nockenwellenversteller nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass als drehspielvermeidendes Mittel ein minimales, eng toleriertes Spiel zwischen den Kupplungsflächen (20, 21) des Innen- und Außenteils (18, 19) vorgesehen ist.
- 5
7. Nockenwellenversteller nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass als drehspielvermeidende Mittel vorgespannte Metall- oder Kunststofffedern vorgesehen sind, die das Spiel zwischen den Kupplungsflächen (20', 21') überbrücken.
- 10
8. Nockenwellenversteller nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Metallfedern vorzugsweise als Flachbiege- oder Tellerfedern (23) und die Kunststofffedern vorzugsweise als Polymerband (28) oder als Polymer-O-Ring (29) ausgebildet und vorzugsweise in Nuten (22) bzw. einer umlaufenden Nut (30, 31) der Kupplungsflächen (20') des Innenteils (18') angeordnet sind.
- 15
9. Nockenwellenversteller nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flachbiege- oder Tellerfedern (23) als einteilige Federspange (25) ausgebildet sind, die vorzugsweise an Ecken (26) des Innenteils (18') einrastet.
- 20
10. Nockenwellenversteller nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kupplung als eine Rohrwellenkupplung (32, 32') ausgebildet ist, mit einem hohlzylindrischen Außenteil (33, 33') und einem coaxialen, zylindrischen Innenteil (34, 34'), das mit Spiel im Außenteil (33, 33') angeordnet ist und vorzugsweise die drehspielvermeidenden Mittel aufweist.
- 25
11. Nockenwellenversteller nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass als drehspielvermeidendes Mittel ein elastisch verformbarer Toleranzring (44), vorzugsweise aus Metall, vorgesehen ist, der in einer Radialnut (45) vorzugsweise am Umfang des coaxialen, zylindrischen Innenteils (34') angeordnet ist und dieses um ein bestimmtes Maß radial überragt.
- 30

12. Nockenwellenversteller nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**,
dass als drehspielvermeidende Mittel zumindest eine Rastkugel (37) oder
ein vorzugsweise zylindrischer Raststift (41) mit kegelig zugespitztem Ende
(42) vorgesehen sind, die in Radial- bzw. Durchgangsbohrungen (35, 39)
5 vorzugsweise des koaxialen, zylindrischen Innenteils (34) mit Spiel geführt
und in zu diesen fluchtenden, anderen Radialbohrungen (38, 38') geringe-
ren Durchmessers im hohlzylindrischen Außenteil (33) unter der Kraft einer
Druck- bzw. Durchgangsfeder (36, 36'; 40, 40') um ein durch den geringe-
ren Durchmesser begrenztes Maß verschiebbar sind.
- 10
13. Nockenwellenversteller nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die anderen Radialbohrungen (38, 38') als in axialer Richtung ausge-
richtete Langlöcher ausgebildet sind.
- 15
14. Nockenwellenversteller nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass
die Kupplung als Klauenkupplung (46) ausgebildet ist, deren beide Teile
auf gleichem Durchmesser angeordnete, axiale Klauen (47, 48) aufweisen,
die ineinander greifen, wobei zwischen den Klauen (47, 48) Abstände vor-
gesehen sind, die durch Zahnelemente (50) eines elastischen, vorge-
20 spannten Polymerkranzes (49) drehspielfrei überbrückt sind.
15. Nockenwellenversteller nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass
die Kupplung als Profilwellenkupplung, vorzugsweise als Zahnwellenkupp-
lung, ausgebildet ist, deren Außen- oder Innenteil (55, 65), insbesondere
25 deren Innen- oder Außenverzahnung (56, 63) aus elastischem Kunststoff
ausgebildet ist.
16. Nockenwellenversteller nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die aus Kunststoff bestehende Außenverzahnung (56, 63) direkt auf
30 entsprechende Teile der Zahnwellenkupplung oder auf eine entsprechend
ausgebildete, metallische Zwischenbüchse (58) vorzugsweise aufvulkani-

siert ist und dass die Zwischenbüchse (58) mit der Zahnwellenkupplung vorzugsweise durch Presssitz verbunden ist.

17. Nockenwellenversteller nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass
5 die Kupplung als Magnetwellenkupplung (51) ausgebildet ist, deren beide
Teile gegenüberliegende Dauermagnete (52, 53) aufweisen, die das An-
triebsmoment des Verstellmotors (3) durch Magnetkräfte berührungslos
und drehspielfrei von der Verstellmotorwelle (10') auf die Verstellwelle (9)
übertragen.
- 10
18. Nockenwellenversteller nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Dauermagnete (52, 53) vorzugsweise axial angeordnet sind und
das zwischen ihnen eine unmagnetische Membran (54) mit beidseitigem
Spiel vorgesehen ist, die den Verstellmotor (3) öldicht abschließt.
- 15

20

25

30

9/9

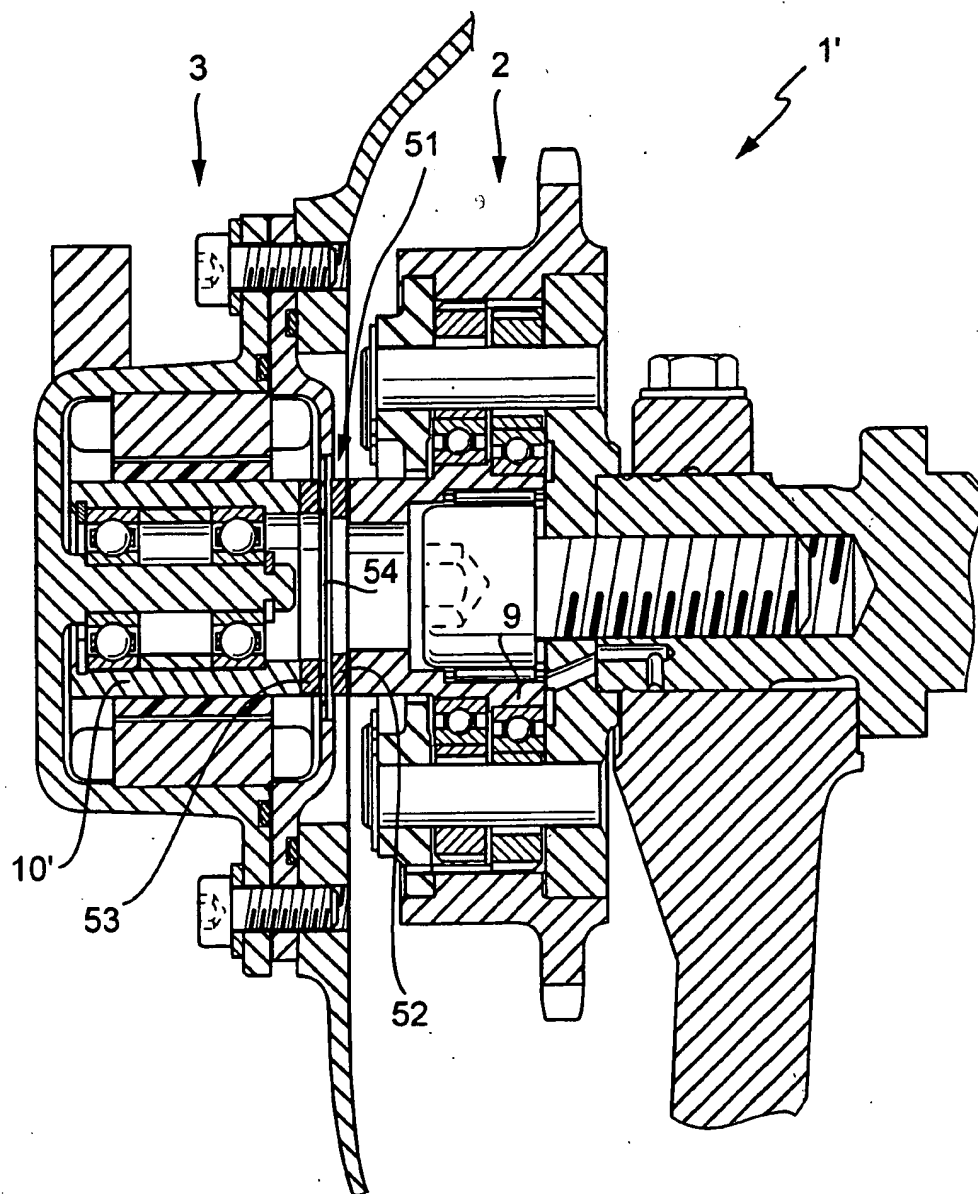


Fig. 22